心理科学进展 2018, Vol. 26, No. 9, 1689–1699
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.01689

# 赌博游戏中的 near-miss 效应*

索 涛[1] 杨 雁[2] 范 增[1] 王梦梦[1] 赵国祥[1]

([1] 河南大学教育科学学院, 心理与行为研究所, 认知、脑与健康研究所;
[2] 河南大学经济学院, 开封 475004)

**摘 要** near-miss 效应是指在赌博中, 与一般的输钱和赢钱相比, "几乎赢(near-miss)"的输钱会诱发个体更高的生理唤醒和更强的赌博动机, 从而导致个体持续赌博的一种现象, 是导致赌博成瘾的主要诱因之一。针对这种现象的研究范式大致有三种: 老虎机/类老虎机任务、轮盘任务和刮刮乐彩票任务。这种现象的理论解释目前主要有认知曲解假说、控制幻觉理论和受挫假说。near-miss 效应的脑机制和病理研究才刚刚起步, 所涉及到的脑功能区域主要包括脑岛、腹侧纹状体等。未来的研究应在 near-miss 效应发生机制的理论模型建构、研究范式多样化、研究技术多模态化、病理机制和临床干预等方面进一步展开。

**关键词** near-miss 效应; 认知曲解假说; 控制幻觉理论; 受挫假说; 脑岛; 腹侧纹状体
**分类号** B849:C91

## 1 引言

赌博游戏是人们日常生活中普遍流行的一类娱乐性风险决策活动, 但部分个体过度沉溺于这类风险游戏, 导致消极的病态赌博行为, 对个人、家庭甚至社会产生极其负面的影响, 比如, 个体身心紊乱, 生活质量低下; 家庭支离破碎, 债台高筑; 社会风气败坏, 违法犯罪率剧增(Goudriaan, Oosterlaan, de Beurs, & Van den Brink et al., 2004; Hodgins, Stea, & Grant, 2011; van Holst, van den Brink, Veltman, & Goudriaan., 2010)。许多不同类型的赌博研究一致发现一种能诱发赌徒长时持续下赌注进而导致成瘾的现象: near-miss 效应(Reid, 1986; Barton et al., 2017; Côté, Caron, Aubert, Desrochers, & Ladouceur, 2003)。near-miss 效应是指在赌博过程中, 与一般的输钱和赢钱相比, "差点赢(near-miss)"的输钱结果会诱发个体更高的生理唤醒和更强行为动机, 从而导致个体持续赌博游戏行为的一种现象(Barton et al., 2017; Billieux, Van der Linden, Khazaal, Zullino, & Clark, 2012; Chase & Clark 2010; Clark, Crooks, Clarke, Aitken, & Dunn, 2012; Clark, Lawrence, Astley-Jones, & Gray, 2009; Griffiths,1991; Larche, Musielak, & Dixon, 2017; Reid, 1986)。这种动机效应在反馈结果评价时诱发个体产生持久赌博动机和行为中发挥着重要的作用, 是病态赌博和游戏成瘾的主要诱因之一(Barton et al., 2017)。最近几年, 这种效应已成为国外赌博研究领域关注的一个热点, 但国内关于这方面的研究寥寥无几。研究这种现象对于进一步探讨动态结果评价的认知过程和神经机制具有重要的理论价值, 对于理清病理性赌博成瘾的发生机制和探讨赌博成瘾的诊疗途径具有一定的实践意义。本文首先阐述了 near-miss 效应研究的常见范式, 接着简述了研究者们对这一现象的不同理论解释, 然后概述了关于这种现象的脑功能成像和脑电研究, 最后基于这几个方面, 针对当前研究存在的不足和问题, 对未来的研究方向进行了展望。

## 2 near-miss 效应的研究范式

研究赌博中 near-miss 效应最常用的实验范式主要有三种: 老虎机/类老虎机任务、轮盘任务和

收稿日期: 2017-09-22
* 国家自然科学基金青年项目(31400908)、中国博士后科学基金面上项目(2014M551995)、河南省哲学社科规划项目(2015BJY007)、河南省高等学校重点科研项目(16A190001)资助。
通信作者: 赵国祥, E-mail: zhaogx@henu.edu.cn;
索涛, E-mail: suotao810815@163.com

刮刮乐彩票任务。

**老虎机任务(the slot machine task, SMT)/类老虎机任务(the liking-SMT)**。老虎机也叫吃角子机或单臂强盗(one-arm bandit)，是一种在赌场和娱乐场所最常见的赌博机器，因最早筹码上有老虎图案而得名。最早的商业老虎机由美国的查理·费(Charlie Fey)于1895年发明，由内部的三个转轴(里面有不同的图案)、一个投币槽和外部控制机器转动的手柄组成。老虎机的基本玩法是把硬币或代币投入投币槽后拉动手柄或启动旋转按钮，转轴转动，每个转轴里的图案开始随机变化，当机器停止转动时如果机器界面出现特定的图标组合(比如三个转轴在赔付线上图标相同)就会赢钱，否则输掉赌注，由于操作简便且能以小博大，很快风靡全球，成为许多酒吧、赌场、游戏厅，甚至零售店的娱乐赌具。

早期赌博研究采用的研究任务大多是让被试在真实的老虎机上进行赌博，然后考察被试对不同反馈结果的行为反应和生理反应(Dixon & Schreiber, 2004; Reid, 1986; Harrigan, 2009)。但由于真实老虎机任务存在诸多不可控因素，且研究数据记录不便，因此随后大多数研究采用了电脑可视化的三转轴老虎机任务(Belisle & Dixon 2016; Dymond et al., 2014; Habib, & Dixon, 2010; MacLin, Dixon, Daugherty, & Small, 2007; Sharman, Aitken, & Clark, 2015; Shao, Read, Behrens, & Rogers, 2013; Worhunsky, Malison, Rogers, & Potenza, 2014)。在这个任务中，当三个转轴停止转动时，在前两个转轴中停在赔付线(pay-line)上的图符一样，而在第三个转轴中这个图符刚刚停在紧挨着赔付线上方或下方时(见图1A)就是near-miss结果。后来一些研究(Clark et al., 2009; Alicart, Cucurell, Masherrero, & Marcopallarés, 2015; Sescousse et al., 2016)把老虎机任务进一步简化为双转轴模式(两个转轴和一个赔付线)，首先由参与者在左转轴的众多图符中选中一个停在赔付线上，然后按按钮后右转轴快速转动一段时间后随机停下，当右转轴中停在赔付线上的图符与左转轴中选中的图符相同时参与者赢钱，反之输钱。当右转轴停下时紧挨赔付线上一个或下一个图符与左转轴选中的图符相同时的输钱就是near-miss结果(见图1B)。

**轮盘任务**。轮盘(Rapid Roulette)也是赌场常见的一种赌具。轮盘由转轮和赌注图案两部分组成，式样有两种：一种只有一个赌注图案，轮盘设于一端；另一种是转轮在中间和两边各设一图案。庄家宣布开赌后，参与者开始下赌注，下注的位置由自己选择。转轮向逆时针方向转动，然后庄家把一个小球放在微凸的轮盘面上以顺时针方向旋动，在这个过程中，参与者可不断下注，待小球转速下降，落入轮盘上任何两个金属间隔之间，每个间隔上面标注的颜色数字就是赌徒赢钱的号码。早期的赌博研究都是采用这种真实的赌博轮盘任务。为了更方便操控自变量和克服研究中额外变量的干扰，后来的轮盘赌博研究(Jessup, & O'Doherty, 2011; Ulrich, & Hewig, 2014; Wu et al., 2017)大多都采用了简化版的幸运轮任务(wheel-of-fortune task) (见图1C)，整个轮盘仅有一个分成不同区域的轮盘面和一个指针组成。简化的幸运轮盘任务有两种类型：一种是先固定指针在任意位置，然后让轮盘快速转起来一段时间，当轮盘停下来时，指针指向的数字号码就是参与者输赢钱的数量；另一种是轮盘固定不动，让指针快速转动一段时间，然后指针慢慢停下来，指针指向的数字号码就是参与者输赢钱的数量。在这个

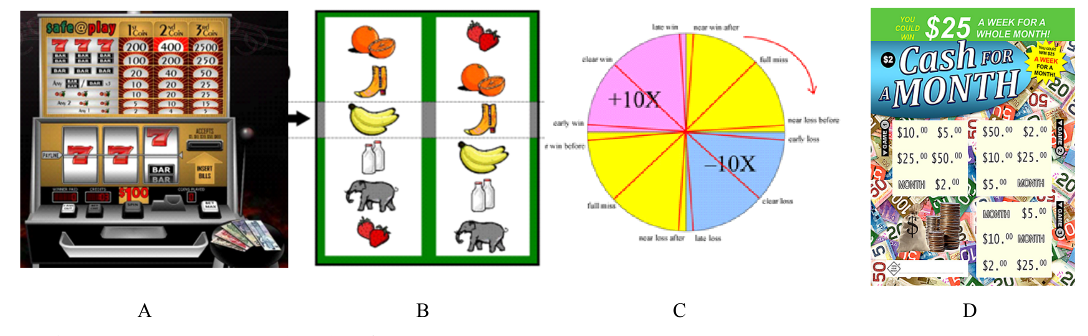



图1 常见的研究near-miss效应的实验任务(A图源于Dixon et al., 2011; B图源于Clark et al., 2009; C图源于Wu, van Dijk, Li, Aitken, & Clark, 2017; D图源于Stange, Graydon, & Dixon, 2016)

任务中, near-miss 结果则是指那些指针指向十分接近赢钱(尤其是大赢)的位置但没有赢钱时的结果。

**刮刮乐彩票任务**。还有一部分博彩研究(Griffiths, 1995; Lole, Gonsalvez, Barry, & De Blasio, 2013; Stange, Graydon, & Dixon, 2016, 2017; Stange, Grau, Osazuwa, Graydon, & Dixon, 2017)采用了模拟刮刮乐彩票(Scratch card games)的任务(见图 1D), 每次向参与者呈现若干个(一般 3~7 个)并排的隐藏符号(比如, 动物图形、水果图形、字母等), 参与者先选择不同的赌注, 然后依次呈现或同时呈现这些符号, 当所有符号都相同时能赢最多的钱就是 full-win 结果; 当只有一个符号和其余符号不同时, 只能赢很少部分钱或未赢钱或输钱的结果就是 near-miss 结果; 当两个以上符号和其余符号不同时未能赢钱就是 full-loss 结果。

## 3 near-miss 效应的理论解释

近 30 年来的研究发现, near-miss 效应是病态赌博产生的主要诱因之一。但关于这种效应的发生机制, 也即 near-miss 结果如何导致个体产生更强的持续赌博动机, 研究者提出了不同的理论解释。

### 3.1 认知曲解假说(the cognitive misrepresentation hypothesis, CMH)

Griffiths (1991)认为, near-miss 结果更加接近于能赢钱的结果, 使个体增强赢钱预期, 进一步提高个体的唤醒水平, 导致认知曲解(cognitive misrepresentation), 使得个体误以为这种输钱结果更接近于赢钱而不是输钱, 时间久之, 这种表面类似赢钱的结果会强化个体进一步误以为他们不是经常输钱而是经常几乎要赢钱。Dixon 和 Schreiber (2004)的一项研究中让被试评定 near-miss 结果更类似赢钱还是输钱, 结果表明 near-miss 更类似于赢钱(也见 Habib, & Dixon 2010)。同时, 一些动物研究也一致发现, 同能产生奖赏的结果一样, near-miss 结果也能增强老鼠的奖赏预期, 增强老鼠持续赌博的动机。Peters, Hunt 和 Harper (2010)为老鼠设计了一个与老虎机类似的程序, 只要老鼠使转轮上的图标匹配就能得到食物奖赏, 他们发现老鼠也会把 near-miss 结果当作一种食物奖赏的强化物。他们认为, 老鼠能把类老虎机上意味着赢得食物奖赏的符号与食物相联系而成为获取食物的条件强化物, 同样 near-miss 结果由于与能获取食物的结果在视觉上具有相似性, 因此导致老鼠也把 near-miss 结果作为食物获取的条件强化物。这也与 Winstanley, Cocker 和 Rogers (2011)的研究结果一致, 他们让老鼠通过操控灯泡亮熄数量来诱发不同性质的结果。研究发现, near-miss 结果能引起多巴胺水平的提高, 增强老鼠的奖赏预期, 促使老鼠持续按键反应(Winstanley et al., 2011)。

### 3.2 控制幻觉理论(the illusion of control theory, ICT)

Clark 等(2009)认为, 如果认知曲解假说解释恰当, near-miss 输钱结果应该像赢钱一样使个体感到高兴而不像一般输钱那样使个体感到不高兴。于是, 在他们的研究中, 让被试对老虎机赌博中遇到的不同类型结果(如 win、full-loss、near-miss loss)进行情绪评定, 结果发现一般的赢钱被评价为比较高兴, 但 near-miss 输钱结果被评价为不高兴, 甚至比一般的输钱更不高兴(也见 Qi, Ding, Song, & Yang, 2011; 索涛, 冯廷勇, 贾世伟, 李红, 2009)。因此, Clark 等(2009)反对认知曲解假说, 提出控制幻觉理论来解释这种现象。他们认为 near-miss 结果的物理属性会引起控制幻觉, 能影响随后的赌博决策是因为这些结果的出现被赌徒错误地解释为赌博技能提升的信号, 因而产生了赌博中的控制幻觉。他们认为, 在真实技能游戏中, 尽管缺乏相关强化物, 但 near-miss 结果能传递技能提高的信息, 例如, 在篮球比赛中, 投 3 分球时能砸中球框所表现出的个体技能远远比其投空球的技能要高; 但在像彩票抽奖或老虎机这样的背景下, 赢钱由几率决定, 此时这个逻辑就不成立, 但是一些赌徒还是错误地认定 near-miss 结果的出现意味着他们赌博技能的提高, 随后更有可能赢大钱(也见 Clark, Liu, McKavanagh, Garrett, Dunn, Aitken, 2013)。Billieux 等(2012)也发现, 技能倾向的赌博认知会导致 near-miss 结果增强继续赌博的动机。他们推测, near-miss 结果可能通过传递技能提高的信息, 进而增强继续赌博动机。

### 3.3 受挫假说(the frustration hypothesis, FH)

Clark 等(2009)发现, 尽管 near-miss 结果诱发了不高兴的情绪, 甚至比一般的输钱更强烈, 但 near-miss 结果激活的脑区与赢钱激活的脑区相重叠。针对 Clark 等(2009)研究中行为结果和脑功能激活结果存在的矛盾, 大量研究(Dixon et al., 2011; Dixon et al., 2013; Larche et., 2017)发现, 输

钱会使人产生挫折感，near-miss 输钱使被试产生挫折感的强度比一般输钱更强，且相应的各种生理反应更强。因此，也有人试图提出一种受挫假说来解释这种现象(Dixon et al., 2011; Dixon, MacLaren, Jarick, Fugelsang, & Harrigan, 2013)。这种解释指出，相比一般输钱，near-miss 输钱结果使个体产生更复杂的受挫情绪，这种情绪状态更会激发个体通过进一步下注赢钱捞本以挽回当前尴尬的局面(Stange, Graydon, Dixon, 2016, 2017; Stange, Grau, Osazuwa, Graydon, & Dixon, 2017)。最近一些生理研究证实了这一看法(Dixon et al., 2011; Dixon et al., 2013)。

纵观以上三种理论解释，最终可归结为结果评价理论解释的两大争论：强化学习理论(the reinforcement-learning theory, Holroyd & Coles, 2002)和情感动机假说(the motivational/affective hypothesis, Gehring & Willoughby, 2002 )。前两者解释都认为near-miss输钱通过增强奖赏预期提升个体持续赌博动机，它们都属于强化学习理论的范畴，但二者的具体分歧在于：认知曲解假说把 near-miss 输钱结果直接看作和赢钱一样的奖赏强化物，从而增强个体的奖赏预期；而控制幻觉理论则认为 near-miss 输钱能引起自我技能的提升，进而增强个体的奖赏预期。但受挫假说则认为 near-miss 输钱会导致令人不快的复杂挫折情绪，为了尽快改变这种不快的状态，继而激发个体持续赌博的动机，这属于情感动机假说的范畴。

值得注意的是，最近一些研究(Clark et al., 2012; Liu et al., 2007; Liu, Hairston, Schrier, & Fan, 2011; Qi et al., 2011; Sharman, & Clark, 2016; Wu et al., 2017; 索涛等, 2009)也认为反事实思维和后悔情绪(Byrne, 2016; Epstude, & Roese, 2008; Roese, 1997; Roese, & Epstude, 2017)在 near-miss 效应产生中可能起着重要的影响作用，相比一般的输钱，near-miss 输钱诱发的反事实思维和后悔情绪增强个体的控制幻觉，从而产生更强烈的奖赏预期，进而引起持续赌博的强烈动机和行为。

## 4 near-miss 效应的脑神经机制研究

### 4.1 功能脑成像研究

由于 near-miss 结果的特殊性(感觉上非常接近赢钱但实质上输钱)，因此在决策结果反馈加工阶段可能会引起更加复杂的脑活动。最近，脑功能成像(fMRI)研究采用不同的实验范式考察了赌博任务中 near-miss 效应涉及到的脑功能区，这些研究主要涉及到包括腹侧纹状体(ventral striatum, VS)、前脑岛(anterior insula, AI)、前额叶(prefrontal cortex, 包括内侧前额叶、眶额叶)、前扣带回(anterior cingulated cortex, ACC)、额下回(inferior frontal gyrus, IFG)、杏仁核(amygdala)、顶下叶(inferior parietal lobule, IPL)、下丘脑(bilateral inferior thalamic)在内的从大脑前额到顶部以及旁边缘系统等多巴胺奖赏系统功能区(Barton et al., 2017; Clark et al., 2009; Clark et al., 2014; Dymond et al., 2014; Habib & Dixon, 2010; Liu et al., 2011; Sescousse et al., 2016; Shao et al., 2013; van Holst, Chase, & Clark, 2014; Worhunsky et al., 2014)。尽管这些不同实验范式的 fMRI 研究并没有得出完全一致的结论，但这些研究涉及到的脑区域最多的是腹侧纹状体和脑岛。

**腹侧纹状体**由伏隔核(nucleus accumbens, NAcc)和嗅结节(olfactory tubercle, OT)组成，是基底核的一部分。作为多巴胺神经奖赏系统的重要组成部分，在奖赏信息(大小、效价、凸显性、意义等)加工和学习、动机产生和决策中发挥着多重作用(Liu et al., 2011; Murty, Stanek, & Heusser, 2013; Tremblay, Worbe, & Hollerman, 2009; Zaehle et al., 2013; Zeighami, & Moustafa, 2015)。near-miss 效应的 fMRI 研究发现 near-miss 输钱和赢钱一样激活了腹侧纹状体(Clark et al., 2009; Chase, & Clark, 2010; Sescousse et al., 2016; Shao et al., 2013; van Holst et al., 2014)，但 near-miss 输钱激活的腹侧纹状体活动没有赢钱激活的强烈(Clark et al., 2009; Shao et al., 2013)。而且 Chase 和 Clark (2010)还发现，near-miss 结果激活的腹侧纹状体活动强度能被赌徒的赌瘾严重程度所预测，赌瘾越严重，腹侧纹状体活动越强烈；同时他们也发现，与健康控制组相比，问题赌徒的赢钱和 near-miss 结果诱发的腹侧纹状体反应活动更加强烈(也参见 Sescousse et al., 2016; van Holst et al., 2014)。因此，他们认为，赌徒错误地把赌博中 near-miss 结果感知为更加接近赢钱，进而增强了奖赏系统中多巴胺的传输，进一步导致赌博紊乱加重。

**脑岛**是唯一完全隐藏在脑组织内的高级脑叶。脑岛由额下回后部、颞叶和顶叶形成的岛盖(Operculum)环绕覆盖，隐藏于侧裂内，以外侧裂

为中心, 大体上呈倒三角锥形。它通过上纵束、钩状束、额枕束及前联合与额叶、颞叶、顶叶、枕叶以及包括前扣带皮层、腹内侧前额叶皮层、杏仁核和腹侧纹状体等在内的其他边缘系统相联(李健, 戴西件, 廖婷, 龚洪翰, 2015; Namkung, Kim, & Sawa, 2017)。脑岛大致可分为前脑岛与后脑岛, 前脑岛主要接收和整合来自前扣带皮层, 腹内侧前额叶皮层, 杏仁核和腹侧纹状体等与之相连的边缘区域的认知、情绪和动机方面的信息; 后部主要接收顶叶、枕叶和颞叶皮层输入的前庭系统和视觉运动等信息, 同时还通过丘脑接收来自脊髓和脑干的上行躯体内脏感觉信息(Namkung et al., 2017)。大量的脑结构和功能神经成像研究表明, 脑岛是多种信息整合的共同核心体, 在内感性、自我意识、共情、公平感、道德认知加工、反事实思维、情绪体验、动机、各类成瘾、决策和推理加工等诸多心理过程中发挥着重要的作用(Downar, Blumberger, & Daskalakis., 2016; Goodkind, et al., 2015; Namkung et al., 2017)。早期的 near-miss 效应的 fMRI 研究发现, 与一般输钱(full-loss)相比, near-miss 输钱也明显激活了前脑岛, 同时 near-miss 诱发的前脑岛活动强度与被试的赌博相关认知评分(the gambling-related cognitions scale, GRCS)以及 near-miss 结果诱发其持续赌博的动机强度都呈正相关(Clark et al., 2009; Chase, & Clark, 2010), 这表明个体的赌博错误认知越严重, 持续赌博的动机越强烈, 前脑岛的激活就越强烈。van Holst 等(2014)研究也表明, near-miss 结果诱发的双侧脑岛活动强度与问题赌博的严重性密切相关。Sescousse 等(2016)也发现, 无论是正常控制组还是病理性赌徒, 与 full-miss 结果相比, near-miss 结果在双侧脑岛激活更强的 BOLD 信号。还有, Dymond 等(2014)不但发现 near-miss 结果和赢钱一样激活脑岛和右侧额下回, 同时与 full-loss 结果相比, near-miss 结果明显激活前额叶、右脑岛、额下回、额中回和双侧下丘脑等。Dymond 等(2014)还发现, near-miss 结果在脑岛和右侧眶额叶皮层(OFC)激发的 θ 波段(4~7 Hz)震荡与赌博成瘾的严重程度呈正相关。θ 波段增强可能反映了对反馈结果与相关任务的主动认知与情感加工(Christie & Tata, 2009; Doñamayor, Marco-Pallarés, Heldmann, Schoenfeld, & Münte., 2011)。另外, Naqvi, Rudrauf, Damasio, 和 Bechara (2007)发现, 与大脑其他部位受损的病人相比, 脑岛受损的病人能很快停止吸烟, 不会对吸烟长期渴求。动物研究(Contreras, Ceric, & Torrealba, 2007)也表明, 脑岛钝化能使有安非他明(苯异丙胺)体验的老鼠降低对安非他明的渴求行为。由此推断, 脑岛在 near-miss 效应产生中的作用很可能与它在调节个体对毒品(Naqvi & Bechara, 2009)、食物(Tang, Fellows, Small, & Dagher, 2012)以及其它成瘾(Clark & Limbrick- Oldfield, 2013; Hommer, Bjork, & Gilman., 2011)等的主观渴求中的作用一致。最值得注意的是, Clark 等(2014)进一步对比了脑岛、腹内侧前额叶(ventromedial prefrontal cortex, VMPFC)和杏仁核受损的三组病人对 near-miss 结果的行为反应, 结果发现脑岛受损病人的 near-miss 效应消失, 而其他两组病人的 near-miss 效应表现正常。这直接证实了脑岛在 near-miss 效应的产生中发挥着关键的作用。

另外, Habib 和 Dixon (2010)的研究发现, 相对一般输钱, near-miss 只激活了顶下叶(inferior parietal lobule, IPL); Worhunsky 等(2014)发现 near-miss 结果增强了枕叶(occipital lobule)、后扣带回(posterior cingulate cortex, PCC)、顶下叶(inferior parietal lobule, IPL)、顶上叶(superior parietal lobule, SPL)的活动。

总之, 考虑到 near-miss 结果诱发的生理唤醒(Clark et al., 2012; Dixon, MacLaren, Jarick, Fugelsang, & Harrigan., 2013)和前脑岛的内感性以及在情绪、认知和动机方面的整合功能(Namkung et al., 2017), 由此我们推断, 脑岛在 near-miss 效应中很可能通过整合来自腹侧纹状体的奖赏加工(Liu et al., 2011)、前扣带回的预期冲突(Clark et al., 2009; Holroyd et al., 2004)、眶额叶的反事实思维加工和情绪体验(Dymond et al., 2014; Chua, Gonzalez, Taylor, Welsh, & Liberzon, 2009; Hoeck et al., 2013; Levens et al., 2014)等多个脑区域的信息, 进而产生明确的外显性动机和强烈的欲望, 促使个体持续赌博行为。

### 4.2 脑电研究

由于事件相关电位(ERP)技术在高时间分辨率上的优势,一些研究(Alicart et al., 2015; Dymond et al., 2014; Lole et al., 2013; Lole, Gonsalvez, & Barry, 2015; Luo, Wang, & Qu, 2011; Qi et al., 2011; Ulrich, & Hewig, 2014; 索涛等, 2009)也利用 ERP

技术探讨了 near-miss 效应的电生理时间进程。尽管这些研究得出的结论并不完全一致，部分甚至相反，但这些研究都涉及到决策评价中常见的两个特异性脑电成分：反馈负波(feedback-related negativity, FRN)和 P300 (Gehring & Willoughby, 2002; Hajcak, Moser, Holroyd, & Simons, 2007; Holroyd, & Coles, 2002; Nieuwenhuis, Holroyd, Mol, & Coles, 2004; Nieuwenhuis, Aston-Jones, & Cohen, 2005)。

FRN 是由反馈结果呈现后 250~300 ms 内诱发的一个特定负波，其在大脑头皮前中部波幅最大。源定位分析表明, FRN 的发生源位于 ACC 或内侧前额叶(medial frontal cortex, MFC) (Gehring, & Willoughby, 2002; Holroyd & Coles, 2002)。对 FRN 的理论解释具有代表性的是强化学习理论(the reinforcement-learning theory)和情感动机假说(the motivational/affective hypothesis)。强化学习理论(Holroyd & Coles, 2002)认为，FRN 是中脑多巴胺信号对 ACC 产生影响的结果，不利的预期错误信号(比如，行为结果比预期的不好)引起多巴胺系统相位活动减弱，这些信息传输到 ACC 就产生了较大的 FRN。Wu 和 Zhou (2009)进一步认为，“预期错误”不仅包括结果效价(例如，输赢、正误)上的预期，而且也应包括那些结果是否符合事先确定的且无效价的预期，且预期偏离越大，产生的 FRN 越大。情感动机假说(Gehring & Willoughby, 2002)认为，FRN 本身并不反映行为评价或预期错误监测的认知加工，而是反映了对不利结果引起的动机情感的评估加工。由于在赌博游戏中参与者的最终意图是为了赢更多的钱，所以当输钱结果出现时意味着预期偏离，因此相比赢钱会诱发更大的 FRN，这个结果已经得到大量研究一致证实(Nieuwenhuis et al., 2004)。由于 near-miss 输钱结果的特殊性，尽管实质上输钱，但个体总会把它错误地知觉为非常接近赢钱，根据强化学习理论，near-miss 结果诱发的 FRN 波幅应该介于赢钱和完全输钱(full-miss)之间。Luo 等(2011)和 Lole 等(2013)的研究(Lole et al., 2013; Luo et al., 2011)证实了这一推论。但另一些研究(Kreussel, Hewig, Kretschmer, Hecht, Coles, & Miltner, 2013; Ulrich, & Hewig, 2014)却发现, near-miss 输钱诱发的 FRN 波幅反而比 full-miss 输钱和赢钱诱发的都大，这似乎和动机情感假说一致，near-miss 输钱引起更大的情感动机，进而表现出来 FRN 波幅更大。还有一些研究(Alicart et al., 2015; Qi et al., 2011; 索涛等, 2009)报告 near-miss 输钱结果与 full-miss 输钱结果诱发的 FRN 并没有明显差异。这些研究结果用强化学习理论和情感动机假说都无法解释。

P300 是反馈结果呈现后 300~600 ms 出现的一种多源性正波，是大脑多个皮层联合活动的结果，在注意、记忆、情绪和决策等研究领域备受关注(Polich, 2012; Nieuwenhuiset al., 2005)。在决策结果评价中 P300 很可能反映了个体对反馈刺激功能意义的评价 (Nieuwenhuis et al., 2005; Wu & Zhou, 2009)。Yeung 和 Sanfey (2004)认为 P300 是多重评价体系的产物，既可能反映认知评价也可能反映结果评价中诱发的情绪加工。索涛等(2009)最早在一项类老虎机任务中发现了 near-miss 结果的 P300 效应，near-miss 输钱诱发的 P300 波幅明显比 full-loss 输钱诱发的小。随后 Ulrich 和 Hewig (2014)的研究证实了这一结果。但 Qi 等(2011)和 Alicart 等(2015)的研究却发现，赢钱诱发的 P300 波幅最大，near-miss 输钱诱发的次之，full-loss 输钱诱发的最小。另外，Luo 等(2011)和 Lole 等(2013, 2015)的研究仅仅发现赢钱诱发的 P300 波幅最大，但 near-miss 输钱和 full-loss 输钱诱发的 P300 波幅没有明显差异。

值得注意的是，最近也有研究探讨了 near-miss 效应的 EEG 频谱震荡(Alicart et al., 2015; Dymond et al., 2014)，尤其θ波段(4~8 Hz)与 near-miss 效应密切相关。Alicart 等(2015)发现，与赢钱一样，near-miss 输钱诱发的θ波段(4~8 Hz)、α 波段(9~13 Hz)、低 β 波段(15~22 Hz)和 β-γ 波段(25~35 Hz)的震荡都比 full-loss 输钱结果诱发的大。Dymond 等(2014)的脑磁图(MEG)研究也发现, near-miss 输钱结果在脑岛和右侧眶额叶皮层激发的 θ 波段(4~7 Hz)振荡增强。而且，这些θ波段(4~7 Hz)震荡与赌博成瘾的严重程度呈正相关。这些发现表明 near-miss 效应的产生和脑岛和眶额叶皮层的θ波振荡密切相关。根据以往研究(Bernat, Malone, Williams, Patrick, & Iacono, 2007; Cavanagh & Frank, 2014), θ波振荡与奖赏加工、选择性注意、行为调节、认知控制、工作记忆和学习等认知加工密切相关。因此，能体现预期偏离的凸显性结果也会引起θ波振荡(Bunzeck, Guitart-Masip, Dolan, Düzel, 2011; Cavanagh, Frank, Klein, & Allen, 2010; Mas-

Herrero & Marco-Pallarés, 2014), near-miss 结果的凸显性属性必将引起个体的选择性注意和情感动机, 进而对随后的行为和策略进行调整和改变(Schultz, 2006)。

## 5　未来研究的展望

尽管近年来一些学者从行为反应、神经生理和脑成像层面对 near-miss 效应进行了初步研究, 基于以上的国内外研究动态分析, 我们发现关于这种效应的研究在以下几个方面仍需要进一步开展:

**(1) near-miss 效应发生机制的理论模型建构。** 尽管不少研究一致发现 near-miss 结果能增强个体的生理唤醒水平和进一步不理性赌博的动机和行为, 对这种动机效应的发生机制提出了不同的看法(Griffiths, 1991; Clark et al., 2009; Dixon et al., 2011; Dixon et al., 2013; Reid, 1986), 但至今并未达成一致, 且这些研究并未从动态结果评价的角度对 near-miss 结果评价的认知过程进行详细的探讨和阐述。最近一些研究强调了反事实思维在 near-miss 效应产生中的作用(Sharman, & Clark, 2016; Wu et al., 2017)。反事实思维的研究(Roese, 1997; Roese, & Epstude, 2017)表明, 实际结果接近预期结果的程度会明显影响反事实思维和决策后情绪(如后悔), 比如, 与迟到 1 个小时相比, 迟到 5 分钟而未赶上航班会诱发更强的反事实思维和后悔情绪。另外, 反事实思维和后悔情绪会诱发个体产生尽快获得机会重新行动的动机, 以至于摆脱当前不利的局面(Roese, 1997)。比如, 考试规定 60 分及格, 59 分会使考生产生若能再给一次补考机会就能通过考试的强烈动机, 这和赌博中 near-miss 结果诱发的继续赌博以便捞本的动机非常类似。还有研究(Roese, & Olson, 1995)发现, 行为责任感和可控感的提高会明显增强反事实思维的强度。另外, 行为结果对个体的意义也会调节结果评价的认知过程(Schultz, 2006)。因此, 我们推测反事实思维在这种动机效应的产生中可能起着关键作用, 且伴随的后悔情绪、个体行为责任感和控制感以及赌博结果的意义等内、外因素在调控这种效应强度中也可能起着重要的影响作用。基于以上分析, 我们构建了 near-miss 效应发生机制的理论模型, 如图 2。为了验证这个理论模型的恰当性, 以后的研究可结合这个模型对涉及到的这些认知影响因素逐一加以探讨。

**(2)实验研究范式需进一步整合和发展。** 以前研究多采用两轮或多轮老虎机和类老虎机任务(见图 1), 在这类任务中, 参与者先从多个赌注图标中选出一个, 随后若干组轮子开始旋转, 当各组轮子都停止时其上面的图标都和选中的一样时才能赢钱, 否则输钱。这样的任务可能会引入混淆变量: 赌注图标的选取会使参与者在持续赌博中产生赌徒谬误或热手谬误, 影响随后的行为动机, 进而会和 near-miss 诱发的动机效应相混淆。同时, 这些任务在操作行为控制感方面也存在一定的局限性。另外, 最近有研究也发现一些手机游戏(比如, 糖果传奇)中也存在 near-miss 效应, 导致个体沉溺于手机游戏不可自拔(Larche et al., 2017)。因此, 随后的研究应从不同的角度设计多种能诱发 near-miss 结果的博彩游戏任务, 比如, 从结果的时间、空间、数字的接近性等多角度设计实验任务。这样, 可以使用不同实验范式对同一现象进行研究, 以便互相验证所得结果的可靠性。

**(3)利用多模态脑成像技术进一步探讨 near-miss 效应的发生脑神经网络机制。** 基于前述, 尽管大量的研究采用 fMRI、ERP 等脑功能成像技术研究了这种现象的脑神经机制, 但这些研究得出的结果并不完全一致, 甚至相反。例如, 一些研究发现

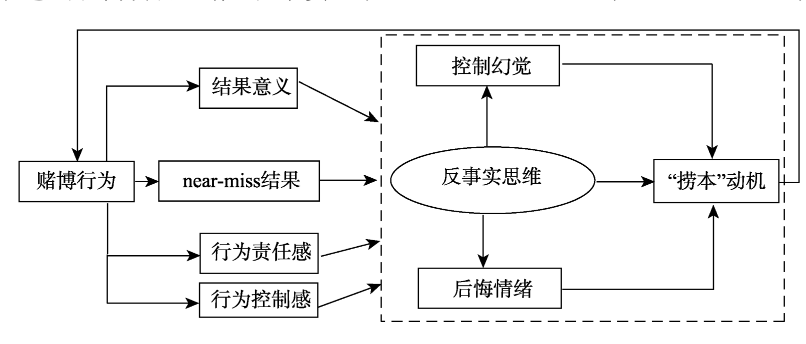



图 2　near-miss 效应的产生机制设想图

脑岛和腹侧纹状体在near-miss效应产生中发挥着重要的作用，但也有研究发现眶额叶、扣带回、额下回和顶叶等诸多脑区也涉入其中。这些脑区如何关联和交互作用，至今也并不十分清楚。因此，未来的研究需要结合像fMRI、MEG等多种脑功能成像技术对near-miss效应的脑神经网络机制进行深入的拓展与探讨。另外，脑电方面的研究仍需要进一步发展。例如，Suo 等(2009)和 Qi 等(2011)的研究仅发现 near-miss 效应的 P300 效应(也见 Alicart et al., 2015; Ulrich, & Hewig, 2014)，但 Luo 等(2011)和 Lole 等(2013)的研究却仅发现near-miss 效应的 FRN 效应。未来的脑电研究应采用高级的EEG频谱分析技术对比和探讨不同实验范式下 EEG 信号差异及其原因。

**(4) near-miss 效应的病理和临床研究进一步深入化。**对 near-miss 效应脑神经机制及其在赌博成瘾中作用的研究可以发掘用于诊断病态赌博成瘾的行为指标、电生理指标以及脑功能信号，同时可以为病态赌博成瘾的干预与矫正提供新的途径。尽管已有 fMRI 研究探讨了病态赌博群体和正常群体在near-miss效应上的行为与脑神经活动差异(Chase, & Clark, 2010; Sescousse et al., 2016; van Holst et al., 2014)，但关于 near-miss 效应的病理成瘾的临床研究才刚刚起步，near-miss 效应与赌博成瘾之间的关系还不甚清楚。因此，利用ERP、fMRI 等多模态技术探讨病态赌博成瘾中near-miss 效应的病理机制仍是今后研究的一个重要方向。还有，Nastally 和 Dixon (2012)发现，临床干预能明显减弱病理性赌徒的 near-miss 效应，病理性赌徒接受正念训练(mindfulness exercises)后自我报告 near-miss 结果接近赢钱的程度明显降低，near-miss 效应明显减弱，赌博成瘾的程度明显缓解。因此，以研究 near-miss 效应的病理机制和干预方法为契机，探究各类行为和生理刺激方法对病理性赌瘾的临床干预也是未来研究非常值得关注的一个方向。

## 参考文献


李健，戴西件，廖婷，龚洪翰. (2015). 岛叶解剖及功能区域分化和整合的研究进展. *实用放射学杂志*,*31*(6), 1026–1028

索涛，冯廷勇，贾世伟，李红. (2009). 决策失利后情绪的接近性效应与 ERP 证据. *中国科学 C 辑：生命科学*, *39*(6), 611–620.

Alicart, H., Cucurell, D., Mas-Herrero, E., & Marco-Pallarés, J. (2015). Human oscillatory activity in near-miss events. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *10*(10), 1405–1412.

Barton, K. R., Yazdani, Y., Ayer, N., Kalvapalle, S., Brown, S., Stapleton, J., ... Harrigan, K. A. (2017). The effect of losses disguised as wins and near misses in electronic gaming machines: A systematic review. *Journal of Gambling Studies*, *33*(4), 1241-1260.

Belisle, J., & Dixon, M. R. (2016). Near misses in slot machine gambling developed through generalization of total wins. *Journal of Gambling Studies*, *32*(2), 689–706.

Bernat, E. M., Malone, S. M., Williams, W. J., Patrick, C. J., & Iacono, W. G. (2007). Decomposing delta, theta, and alpha time-frequency ERP activity from a visual oddball task using PCA. *International Journal of Psychophysiology*, *64*(1), 62–74.

Billieux, J., Van der Linden, M., Khazaal, Y., Zullino, D., & Clark, L. (2012). Trait gambling cognitions predict near-miss experiences and persistence in laboratory slot machine gambling. *British Journal of Psychology*, *103*(3), 412–427.

Bunzeck, N., Guitart-Masip, M., Dolan, R.J., & Düzel, E. (2011). Contextual novelty modulates the neural dynamics of reward anticipation. *Journal of Neuroscience*, *31*(36), 12816–12822.

Byrne, R. M. J. (2016). Counterfactual thought. *Annual Review of Psychology*, *67*, 135–157.

Cavanagh, J. F., & Frank, M. J. (2014). Frontal theta as a mechanism for cognitive control. *Trends in Cognitive Sciences*, *18*(8), 414–421.

Cavanagh, J. F., Frank, M. J., Klein, T. J., & Allen, J. J. B. (2010). Frontal theta links prediction errors to behavioral adaptation in reinforcement learning. *Neuroimage*, *49*(4), 3198–3209.

Chase, H. W., & Clark, L. (2010). Gambling severity predicts midbrain response to near-miss outcomes. *Journal of Neuroscience*, *30*(18), 6180–6187.

Christie, G. J., & Tata, M. S. (2009). Right frontal cortex generates reward-related theta-band oscillatory activity. *NeuroImage*, *48*(2), 415–422.

Chua, H. F., Gonzalez, R., Taylor, S. F., Welsh, R. C., & Liberzon, I. (2009). Decision-related loss: Regret and disappointment. *Neuroimage*, *47*(4), 2031–2040.

Clark, L., Crooks, B., Clarke, R., Aitken, M. R., & Dunn, B. D. (2012). Physiological responses to near-miss outcomes and personal control during simulated gambling. *Journal of Gambling Studies*, *28*(1), 123–137.

Clark, L., Lawrence, A. J., Astley-Jones, F., & Gray, N. (2009). Gambling near-misses enhance motivation to gamble and recruit win-related brain circuitry. *Neuron*, *61*(3), 481–490.

Clark, L., & Limbrick-Oldfield, E. H. (2013). Disordered gambling: a behavioral addiction. *Current Opinion in Neurobiology, 23*(4), 655–659.

Clark, L., Liu, R., McKavanagh, R., Garrett, A., Dunn, B. D., & Aitken, M. R. F. (2013). Learning and Affect Following Near‐Miss Outcomes in Simulated Gambling. *Journal of Behavioral Decision Making, 26*(5), 442–450.

Clark, L., Studer, B., Bruss, J., Tranel, D., & Bechara, A. (2014). Damage to insula abolishes cognitive distortions during simulated gambling. *PNAS, 111*(16), 6098–6103.

Contreras, M., Ceric, F., & Torrealba, F. (2007). Inactivation of the interoceptive insula disrupts drug craving and malaise induced by lithium. *Science, 318*(5850), 655–658.

Côté, D., Caron, A., Aubert, J., Desrochers, V., & Ladouceur, R. (2003). Near wins prolong gambling on a video lottery terminal. *Journal of Gambling Studies, 19*(4), 433–438.

Dixon, M. J., Harrigan, K. A., Jarick, M., MacLaren, V., Fugelsang, J. A. & Sheepy, E. (2011). Psychophysiological arousal signatures of near-misses in slot machine play. International Gambling Studies, *11*(3), 393–407.

Dixon, M. J., MacLaren, V., Jarick, M., Fugelsang, J. A., & Harrigan, K. A. (2013). The frustrating effects of just missing the jackpot: Slot machine near-misses trigger large skin conductance responses, but no post-reinforcement pauses. *Journal of Gambling Studies*, *29*(4), 661–674.

Dixon, M. R., & Schreiber, J. E. (2004). Near-miss effects on response latencies and win estimations of slot machine players. *The Psychological Record, 54*(3), 335–348.

Doñamayor, N., Marco-Pallarés, J., Heldmann, M., Schoenfeld, M. A., & Münte, T. F. (2011). Temporal dynamics of reward processing revealed by magnetoencephalography. *Human Brain Mapping, 32*(12), 2228–2240.

Downar, J., Blumberger, D. M., & Daskalakis, Z. J. (2016). The neural crossroads of psychiatric illness: an emerging target for brain stimulation. *Trends in Cognitive Sciences, 20*(2), 107–120.

Dymond, S., Lawrence, N. S., Dunkley, B. T., Yuen, K. S. L., Hinton, E. C., Dixon, M. R., ... Singh, K.D. (2014). Almost winning: Induced MEG theta power in insula and orbitofrontal cortex increases during gambling near-misses and is associated with BOLD signal and gambling severity. *NeuroImage, 91*, 210–219.

Epstude, K., & Roese, N. J. (2008). The functional theory of counterfactual thinking. *Personality and Social Psychology Review*, *12*(2), 168–192.

Gehring, W. J., & Willoughby, A. R. (2002). The medial frontal cortex and the rapid processing of monetary gains and losses. *Science, 295*(5563), 2279–2282.

Goodkind, M., Eickhoff, S. B., Oathes, D. J., Jiang, Y., Chang, A., Jones-Hagata, L. B., ... Etkin, A. (2015). Identification of a common neurobiological substrate for mental illness. *JAMA psychiatry, 72*(4), 305–315.

Goudriaan, A. E., Oosterlaan, J., de Beurs, E., & Van den Brink, W. (2004). Pathological gambling: a comprehensive review of biobehavioral findings. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *28*(2), 123–141.

Griffiths, M. (1991). Psychobiology of the near-miss in fruit machine gambling. *The Journal of psychology*, *125*(3), 347–357.

Griffiths, M. (1995). Scratch-card gambling: A potential addiction? *Education and Health, 13*(2), 17–20.

Habib, R., & Dixon, M. R. (2010). Neurobehavioral evidence for the ‘‘near-miss’’ effect in pathological gamblers. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior, 93*(3), 313–328.

Hajcak, G., Moser, J. S., Holroyd, C. B., & Simons, R. F. (2007). It’s worse than you thought: The feedback negativity and violations of reward prediction in gambling tasks. *Psychophysiology, 44*(6), 905–912.

Harrigan, K. A. (2009). Slot machines: Pursuing responsible gaming practices for virtual reels and near misses. *International Journal of Mental Health and Addiction, 7*(1), 68–83.

Hodgins, D. C., Stea, J. N., & Grant, J. E. (2011). Gambling disorders. *The Lancet*, *378*(9806), 1874–1884.

Hoeck, N. V., Ma, N., Ampe, L., Baetens, K., Vandekerckhove, M., & Overwalle, F. V. (2013). Counterfactual thinking: an fMRI study on changing the past for a better future. *Social Cognitive & Affective Neuroscience, 8*(5), 556–564.

Holroyd, C. B., & Coles, M. G. H. (2002). The neural basis of human error processing: Reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychological Review, 109*(4), 679–709.

Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., Nystrom, L., Mars, R. B., Coles, M. G. H., & Cohen, J. D. (2004). Dorsal anterior cingulate cortex shows fMRI response to internal and external error signals. *Nature neuroscience, 7*(5), 497–498.

Hommer, D. W., Bjork, J. M., & Gilman, J. M. (2011). Imaging brain response to reward in addictive disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1216*(1), 50–61.

Jessup, R. K., & O'Doherty, J. P. (2011). Human dorsal striatal activity during choice discriminates reinforcement learning behavior from the gambler's fallacy. *Journal of Neuroscience*, *31*(17), 6296–6304.

Kreussel, L., Hewig, J., Kretschmer, N., Hecht, H., Coles, M. G. H., & Miltner, W. H. R. (2013). How bad was it? Differences in the time course of sensitivity to the magnitude of loss in problem gamblers and controls. *Behavioural Brain Research, 247*, 140–145.

Larche, C. J., Musielak, N., & Dixon, M. J. (2017). The Candy Crush Sweet Tooth: How ‘Near-misses’ in Candy Crush Increase Frustration, and the Urge to Continue Gameplay. *Journal of gambling studies*, *33*(2), 599–615.

Levens, S. M., Larsen, J. T., Bruss, J., Tranel, D., Bechara,

A., & Mellers, B. A. (2014). What might have been? The role of the ventromedial prefrontal cortex and lateral orbitofrontal cortex in counterfactual emotions and choice. *Neuropsychologia, 54*, 77–86.

Liu, X., Hairston, J., Schrier, M., & Fan, J. (2011). Common and distinct networks underlying reward valence and processing stages: a meta-analysis of functional neuroimaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35*(5), 1219–1236.

Lole, L., Gonsalvez, C. J., & Barry, R. J. (2015). Reward and punishment hyposensitivity in problem gamblers: A study of event-related potentials using a principal components analysis. *Clinical Neurophysiology, 126*(7), 1295–1309.

Lole, L., Gonsalvez, C. J., Barry, R. J., & De Blasio, F. M. (2013). Can event-related potentials serve as neural markers for wins, losses, and near-wins in a gambling task? A principal components analysis. *International Journal of Psychophysiology*, *89*(3), 390–398.

Luo, Q., Wang, Y., & Qu, C. (2011). The near-miss effect in slot-machine gambling: modulation of feedback-related negativity by subjective value. *Neuroreport, 22*(18), 989–993.

MacLin, O. H., Dixon, M. R., Daugherty, D., & Small, S. L. (2007). Using a computer simulation of three slot machines to investigate a gambler's preference among varying densities of near-miss alternatives. *Behavior Research Methods*, *39*(2), 237–241.

Mas-Herrero, E., & Marco-Pallarés, J. (2014). Frontal theta oscillatory activity is a common mechanism for the computation of unexpected outcomes and learning rate. *Journal of Cognitive Neuroscience, 26*(3), 447–458.

Murty, V. P., Stanek, J. K., & Heusser, A. C. (2013). Representations of distinct salience signals in the nucleus accumbens. *Journal of Neuroscience, 33*(39), 15319–15320.

Namkung, H., Kim, S. H., & Sawa, A. (2017). The insula: an underestimated brain area in clinical neuroscience, psychiatry, and neurology. *Trends in Neurosciences, 40*(4), 200–207.

Naqvi, N. H., & Bechara, A. (2009). The hidden island of addiction: the insula. *Trends in neurosciences, 32*(1), 56–67.

Naqvi, N. H., Rudrauf, D., Damasio, H., & Bechara, A. (2007). Damage to the insula disrupts addiction to cigarette smoking. *Science, 315*(5811), 531–534.

Nastally, B. L., & Dixon, M. R. (2012). The effect of a brief acceptance and commitment therapy intervention on the near-miss effect in problem gamblers. *The Psychological Record, 62*(4), 677–690.

Nieuwenhuis, S., Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). Decision making, the P3, and the locus coeruleus-norepinephrine system. *Psychological Bulletin, 131*(4), 510–532.

Nieuwenhuis, S., Holroyd, C. B., Mol, N., & Coles, M. G. H. (2004). Reinforcement-related brain potentials from medial frontal cortex: Origins and functional significance. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 28*(4), 441–448.

Peters, H., Hunt, M., & Harper, D. (2010). An animal model of slot machine gambling: The effect of structural characteristics on response latency and persistence. *Journal of Gambling Studies, 26*(4), 521–531.

Polich, J. (2012). Neuropsychology of P300. In E. S. Kappenman, & S. J. Luck (Eds.), *Oxford handbook of event-related potential components* (pp. 159–188). Oxford Universiy Press.

Qi, S., Ding, C., Song, Y., & Yang, D. (2011). Neural correlates of near-misses effect in gambling. *Neurosci. Lett., 493*(3), 80–85.

Reid, R. L. (1986). The psychology of the near miss. *Journal of Gambling Behaviour, 2*(1), 32–39.

Roese, N. J. (1997). Counterfactual thinking. *Psychological Bulletin, 121*(1), 133–148.

Roese, N. J., & Epstude, K. (2017). The functional theory of counterfactual thinking: New evidence, new challenges, new insights. *Advances in Experimental Social Psychology*, 56, 1–79.

Roese, N. J., & Olson, J. M. (1995). Outcome controllability and counterfactual thinking. *Personality and Social Psychology Bulletin, 21*(6), 620–628.

Schultz, W. (2006). Behavioral theories and the neurophysiology of reward. *Annual Review of Psychology, 57*, 87–115.

Sescousse, G., Janssen, L. K., Hashemi, M. M., Timmer, M. H., Geurts, D. E., & ter Huurne, N. P., et al. (2016). Amplified striatal responses to near-miss outcomes in pathological gamblers. *Neuropsychopharmacology, 41*(10), 2614–262.

Shao, R., Read, J., Behrens, T. E. J., & Rogers, R. D. (2013). Shifts in reinforcement signalling while playing slot-machines as a function of prior experience and impulsivity. *Translational Psychiatry*, *3*, e213.

Sharman, S., Aitken, M. R., & Clark, L. (2015). Dual effects of 'losses disguised as wins' and near-misses in a slot machine game. *International Gambling Studies*, *15*(2), 212–223.

Sharman, S., & Clark, L. (2016). Mixed emotions to near-miss outcomes: A psychophysiological study with facial electromyography. *Journal of Gambling Studies*, *32*(3), 823–834.

Stange, M., Grau, M., Osazuwa, S., Graydon, C., & Dixon, M. J. (2017). Reinforcing small wins and frustrating near-misses: Further investigation into scratch card gambling. *Journal of Gambling Studies*, *33*(1), 47–63.

Stange, M., Graydon, C., & Dixon, M. J. (2016). "I was *that* close": Investigating players' reactions to losses, wins, and near-misses on scratch cards. *Journal of Gambling Studies*, *32*(1), 187–203.

Stange, M., Graydon, C., & Dixon, M. J. (2017). Increased urge to gamble following near-miss outcomes may drive

purchasing behaviour in scratch card gambling. *Journal of Gambling Studies*, *33*(3), 867–879.

Tang, D. W., Fellows, L. K., Small, D. M., & Dagher, A. (2012). Food and drug cues activate similar brain regions: a meta-analysis of functional MRI studies. *Physiology & Behavior, 106*(3), 317–324.

Tremblay, L., Worbe, Y., & Hollerman, J. R. (2009). The ventral striatum: a heterogeneous structure involved in reward processing, motivation and decision-making. In *Handbook of Reward and Decision Making* (pp. 51–77). New York: Academic Press.

Ulrich, N., & Hewig, J. (2014). A miss is as good as a mile? Processing of near and full outcomes in a gambling paradigm. *Psychophysiology*, *51*(9), 819–823.

van Holst, R. J., Chase, H. W., & Clark, L. (2014). Striatal connectivity changes following gambling wins and near-misses: Associations with gambling severity. *NeuroImage: Clinical*, *5*, 232–239.

van Holst, R. J., van den Brink, W., Veltman, D. J., & Goudriaan, A. E. (2010). Why gamblers fail to win: a review of cognitive and neuroimaging findings in pathological gambling. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *34*(1), 87–107.

Winstanley, C. A., Cocker, P. J., & Rogers, R. D. (2011). Dopamine modulates reward expectancy during performance of a slot machine task in rats: Evidence for a ‘near-miss’ effect. *Neuropsychopharmacology, 36*, 913–925.

Worhunsky, P. D., Malison, R. T., Rogers, R. D., & Potenza, M. N. (2014). Altered neural correlates of reward and loss processing during simulated slot-machine fMRI in pathological gambling and cocaine dependence. *Drug and alcohol dependence*, *145*, 77–86.

Wu, Y., van Dijk, E., Li, H., Aitken, M., & Clark, L. (2017). On the counterfactual nature of gambling near-misses: an experimental study. *Journal of Behavioral Decision Making*, *30*(4), 855–868.

Wu, Y., & Zhou, X. L. (2009). The P300 and reward valence, magnitude, and expectancy in outcome evaluation. *Brain Research, 1286*, 114–122.

Yeung, N., & Sanfey, A. G. (2004). Independent coding of reward magnitude and valence in the human brain. *Journal of Neuroscience, 24*(28), 6258–6264.

Zaehle, T., Bauch, E. M., Hinrichs, H., Schmitt, F., C., Voges, J., Heinze, H. J., & Bunzeck, N. (2013). Nucleus accumbens activity dissociates different forms of salience: evidence from human intracranial recordings. *Journal of Neuroscience, 33*(20), 8764–8771.

Zeighami, Y., & Moustafa, A. A. (2015). Differential functions of ventral and dorsal striatum. *Brain, 138*(10), e381.

## The near-miss effect in gambling games

SUO Tao[1]; YANG Yan[2]; FAN Zeng[1]; WANG Mengmeng[1]; ZHAO Guoxiang[1]

([1] *Institute of Psychology and Behavior, Institute of cognition, Brain and Health, College of Education and Science, Henan University*; [2] *School of Economics, Henan University, Kaifeng* 475004, *China*)

**Abstract:** The near-miss effect refers to a phenomenon that near-miss losses can elicit individuals’ higher physiological arousal and stronger gambling motivation than full-miss losses and winnings, which could lead to gambling persistence of gamblers. Researches on the near-miss effect have important theoretical value for understanding the cognitive and neural mechanisms of dynamic outcome evaluation in decision-making processes and shedding light on the mechanisms of pathological gambling. Studies have found convergent evidence that near-miss losses have motivationally enhancing properties. However, the cognitive and neural mechanisms of the near-miss effect are still under debate. In addition, the role that the near-miss effect played in pathological gambling is still unclear. At present, there are three main theoretical explanations for the near-miss effect: the cognitive misrepresentation hypothesis, the illusion of control theory, and the frustration hypothesis. The neural correlates of the near-miss effect mainly involve the insula and ventral striatum. Future researches should further explore the theoretical models of the near-miss effect, improve the experimental paradigm, various research methods, and examine the effect in pathological populations.

**Key words:** near-miss effect; the cognitive misrepresentation hypothesis; the illusion of control theory; the frustration hypothesis; insula; ventral striatum